

JP Patent First Publication No. 10-66383

TITLE: DRIVE CONTROLLER FOR PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the need of field-weakening control.

SOLUTION: Based on the torque command and the r.p.m. of a motor, a motor terminal voltage or an IPM(intelligent power module) input voltage V required for realizing a target operating point is calculated (202). When the voltage V is lower than the battery voltage V_B (204), a booster circuit is inserted between a battery and the IPM and after the battery voltage V_B is boosted to a level $V_I(>V)$, the boosted voltage is applied between DC terminals of the IPM.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-66383

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月6日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所	
H 0 2 P	7/622	3 0 3	H 0 2 P	7/622	3 0 3 M
	5/402	3 0 3		5/402	3 0 3
	21/00			5/408	C

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-221170
 (22) 出願日 平成 8 年(1996) 8 月22日

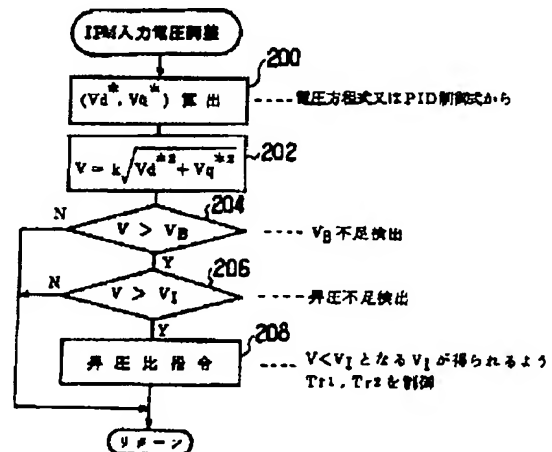
(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (72) 発明者 赤尾 康彦
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 (74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 永久磁石型同期モータの駆動制御装置

(57) 【要約】

【課題】 弱め界磁制御を不要にする。

【解決手段】 トルク指令及びモータ回転数に基づき、目標動作点を実現するために必要なモータ端子電圧又は I P M 入力電圧 V を算出する (202)。電圧 V がバッテリー電圧 V_B を下回っているときに (204)、バッテリーと I P M の間に昇圧回路を挿入し、バッテリー電圧 V_B を $V < V_I$ となる電圧 V_I まで昇圧したうえで I P M の直流端子間に印加する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 バッテリと永久磁石型同期モータの間に接続されバッテリー電圧をモータ電流に変換する電力変換器を用い、当該永久磁石型同期モータを制御する駆動制御装置において、

上記電力変換器への供給に先立ちかつ指令に応じ、上記バッテリー電圧を昇圧する昇圧回路と、

上記永久磁石型同期モータの目標動作点とその出力可能領域に属しているか否かを、上記バッテリー電圧の検出値に基づき判定する判定手段と、

判定手段にて属していないと判定されたときに、上記目標動作点の位置に応じ上記昇圧回路に指令することにより、当該目標動作点が属することになるよう上記出力可能領域を拡張する手段と、

を備えることを特徴とする駆動制御装置。

【請求項2】 請求項1記載の駆動制御装置において、上記昇圧回路を介さない導通経路を当該昇圧回路前後の電圧差に応じ上記バッテリーと上記電力変換器の間に形成／遮断する自往型ゲート素子を備え、

昇圧を実行していないときに上記昇圧回路が上記自往型ゲート素子により自動的にバイパスされることを特徴とする駆動制御装置。

【請求項3】 請求項1記載の駆動制御装置において、上記昇圧回路を介さない導通経路を指令に応じ上記バッテリーと上記電力変換器の間に形成／遮断する可制御型ゲート素子と、

上記目標動作点が回生側に属しているときに上記可制御型ゲート素子に指令を与え上記導通経路を強制的に形成させる手段と、

を備えることを特徴とする駆動制御装置。

【請求項4】 請求項1記載の駆動制御装置において、上記昇圧回路が、上記バッテリーから放電されるエネルギーを蓄積する受動素子と、指令に応じ上記受動素子を上記電力変換器の正側及び負側入力端子に切替接続する能動素子と、を有し、

上記駆動制御装置が、上記目標動作点が力行側に属しているときには判定手段における判定の結果及び当該目標動作点の位置に応じて、また当該目標動作点が回生側に属しているとき及び／又は上記永久磁石型同期モータを始動するときには上記受動素子を介した電流経路が上記バッテリーと上記電力変換器との間に形成されるよう、上記能動素子に指令する手段を備えることを特徴とする駆動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、永久磁石型同期モータ（以下PMモータと呼ぶ）を制御する駆動制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 電気自動車の車両走行用モータに対して

は、その小形化が強く要請されている。励磁束の発生手段として永久磁石を用いたモータであるPMモータは、単位体積当たり界磁起磁力が大きく従ってその他の種類のモータに比べその小形化が容易であることから、その車両走行用モータとしてPMモータを使用した電気自動車がこれまで各種提案されている。

【0003】 電気自動車の車両走行用モータに対しては、同時に、広い速度範囲（回転数範囲）をカバーすることも要請されている。この要請に応える手法としてこれまで用いられてきているのが、ベクトル制御の一部分である弱め界磁制御である。ここに、ベクトル制御とは、モータ電流 I をトルク電流成分 I_d 及び界磁電流成分 I_q に別けて目標制御する方法である。これらの成分のうち、 I_q は主磁束即ち永久磁石にて得られる励磁束との鎖交によってトルク（マグネットトルク）を発生させる成分である。また、 I_d は主磁束を部分的に補助し又は打ち消す励磁束を発生させる成分であり、モータに突極性がある場合には I_d も $I_d \cdot I_q$ に比例するトルク（リラクタンストルク）を発生させる。モータの速度範囲を拡張しようとする、即ちより高速回転の領域までモータの動作可能領域を延ばそうとすると、速度起電力 $\omega \cdot E_0$ 即ち主磁束 E_0 にて生じモータの回転角速度 ω に比例する起電力が原因となって、一般には回転数 N の上昇に応じてモータの端子電圧が上昇し、しばしば電源電圧たるバッテリー電圧 V_B に相当する値を上回ってしまう。これを防ぐため E_0 を打ち消す方向の励磁束を I_d の制御により発生させ、モータの動作可能領域を通常界磁領域よりも高回転側の弱め界磁領域まで延ばす手法（図6参照）が、上掲の弱め界磁制御であり、これを

実行することにより、比較的小出力のモータでも高速回転領域をカバーできる。なお、ベクトル制御には絶対値及びトルク角による態様もあるが、 I_d 、 I_q による態様と等価であるため、以下の説明では区別しない。

【0004】 弱め界磁制御には、このような利点がある反面、効率低下という側面もある。例えば、弱め界磁制御を行っているときの I_d （以下、弱め界磁電流とも呼ぶ）が多すぎると、トルク発生に寄与しない又は寄与しにくい電流成分である I_d が増えることによって損失が増えてしまう。逆に、弱め界磁電流が少なすぎると弱め界磁本来の目的の達成に支障となる。即ち、モータ出力制御のため電源たるバッテリーと駆動対象たるモータの間に設けた電力変換器にストレスが加わる他、必要な I_q を出力できなくなる等の支障も生じる。これらを緩和する方法として、本願出願人は、先に、 V_B に応じて弱め界磁電流の値を変化させる方法を提案している（特開平7-107772号公報参照）。この方法によれば、弱め界磁制御にて発生する損失を、バッテリーの電圧あるいは充電状態との関連においては最小化最適化できる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、弱め界

磁制御を行っている限り、弱め界磁電流に起因した損失の発生やこれによるシステム効率の低下を無くすことはできない。本発明の目的の一つは、バッテリー電圧の昇圧という手段を新たに採用することによって、弱め界磁制御を不要とし、ひいてはシステム効率の改善を実現することにある。本発明の目的の一つは、PMモータの目標動作点の位置に応じて昇圧制御を行うことによって、PMモータの動作可能な速度範囲を従来と同程度以上に維持確保することにある。本発明の目的の一つは、バッテリー電圧が低いときには昇圧を行わないようにすることによって、昇圧回路における損失の発生を抑制し、システム効率を更に改善することにある。本発明の目的の一つは、昇圧回路を自律的にバイパスする手段を提供することによって、より自動化されたシステムを実現することにある。本発明の目的の一つは、昇圧回路を強制的にバイパスする手段を提供することによって、回生制動等必要が生じたときに昇圧回路をバイパスできるようにすることにある。本発明の目的の一つは、昇圧回路の利用によって、突入防止回路を廃止できるようにすることにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するため、本発明は、バッテリーとPMモータの間に接続されVBをIMに変換する電力変換器を用い、当該PMモータを制御する駆動制御装置において、上記電力変換器への供給に先立ちかつ指令に応じ、上記VBを昇圧する昇圧回路と、上記PMモータの目標動作点はその出力可能領域に属しているか否かを、上記VBの検出値に基づき判定する判定手段と、判定手段にて属していないと判定されたときに、上記目標動作点の位置に応じ上記昇圧回路に指令することにより、当該目標動作点が属することになるよう上記出力可能領域を拡張する手段と、を備えることを特徴とする。かかる構成においては、例えば、PMモータの目標動作点が現在のVBの下での出力可能領域よりも高回転側に位置しているときに、この目標動作点が出力可能領域に含まれることになるよう、VBが昇圧される。このように、Idの発生乃至増大を招かない本発明の手法においては、Idに起因した損失の発生やこれによるシステム効率の低下を無くすることが可能になる。また、本発明の手法は、力行可能領域の拡張という点では弱め界磁制御と同じ性格を有しているため、PMモータの動作可能な速度範囲を従来と同程度以上に維持確保できる。

【0007】本発明は、昇圧回路を常時利用する構成に限定されるものではない。例えば、昇圧回路を介さない導通経路を昇圧回路前後の電圧差に応じバッテリーと電力変換器の間に形成／遮断する自律型ゲート素子（例えばダイオード）を設けることにより、昇圧を実行していないときに昇圧回路を自律型ゲート素子にてバイパスすること
50

うにすることで、昇圧回路における損失の発生を抑制し、システム効率を更に改善することができる。また、このバイパス形成／遮断は自律型ゲート素子により自律的に即ち自動的に実行されるため、そのための制御装置又は手順は不要である。あるいは、昇圧回路を介さない導通経路を指令に応じバッテリーと電力変換器の間に形成／遮断する可制御型ゲート素子（例えばサイリスタ）と、目標動作点が回生側に属しているときに可制御型ゲート素子に指令を与え上記導通経路を強制的に形成させる手段とを、設けることにより、回生制動等の必要に応じ昇圧回路をバイパス可能になる。

【0008】本発明は、昇圧回路を昇圧のみに利用する構成に限定されるものではない。例えば、昇圧回路として、バッテリーから放電されるエネルギーを蓄積する受動素子（昇圧リアクトル等）と、指令に応じこの受動素子を電力変換器の正側及び負側入力端子に切替接続する能動素子（トランジスタ等）とを有する回路を用いるのであれば、回生時の経路形成にこれらの素子を利用でき、また、突入防止回路、即ち一般に電力変換器直流端子間に設けられている平滑コンデンサの充電により生じる電流を防止する回路を、これらの素子を利用して廃止できる。それには、目標動作点が力行側に属しているときには判定手段における判定の結果及び当該目標動作点の位置に応じて、また当該目標動作点が回生側に属しているとき及び／又は上記永久磁石型同期モータを始動するときには上記受動素子を介した電流経路が上記バッテリーと上記電力変換器との間に形成されるよう、上記能動素子に指令するようにすればよい。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施形態に関し図面に基づき説明する。

【0010】図1に、本発明の一実施形態に係る電気自動車システムの構成を示す。この実施形態においては三相PMモータ10が車両走行用モータとして用いられている。モータ10の駆動電力は、バッテリー12からインテリジェントパワーモジュール（IPM）14を介し供給される。すなわち、バッテリー12の放電出力は、平滑コンデンサCにて平滑されたうえでIPM14にて直流から三相交流に変換され、その結果得られた電流 i_u 、 i_v 、 i_w がモータ10の各相巻線に供給される。また、モータ10の出力トルクはコントローラ16によって制御されている。すなわち、コントローラは、車両操縦者によるアクセル、ブレーキ、シフト等の操作に応じ、かつレゾルバ等の回転センサ18にて検出されるモータ10の回転数（またはロータ角度位置）に応じ、スイッチング信号を発生させ、これにより、IPM14を構成するスイッチング素子のスイッチングパターンを制御する。このような制御を実行することによって、モータ10の出力トルクを、車両操縦者のアクセル操作等に応じたトルクとすることができる。この制御にあたって

は、モータ10の各巻線に対応して設けられている電流センサ20u, 20v, 20wによってモータ10の各相電流 i_u , i_v , i_w が検出され、コントローラ16にフィードバックされる。

【0011】また、バッテリー12とIPM14の間には、突入防止回路22、ダイオードDf及びサイリスタDr並びに昇圧回路24が設けられている。これらのうち突入防止回路22は、バッテリー12をIPM14に接続した直後に平滑コンデンサCの充電によって流れる突入電流を抑制乃至防止するための回路であり、イグニッション(IG)の操作に応じオン/オフされる並列接続された2個のスイッチSW1及びSW2、並びにスイッチSW2に直列接続された抵抗Rsから、構成されている。また、昇圧回路24は本発明の特徴の一部をなしており、バッテリー12の端子電圧VBをコントローラ16の制御の下により高い電圧VIに昇圧してIPM14の直流端子間に印加する。ダイオードDfは昇圧回路24の入力端と出力端の間に大きな電位差が発生していないときすなわち昇圧回路24が昇圧動作を実行していないときにこの昇圧回路24をバイパスする手段である。サイリスタDrはコントローラ16から供給される信号にてターンオン/オフし、ダイオードDfによって定まる電流方向とは逆方向の電流経路を発生させる。なお、図中符号25及び26で示されているのはそれぞれVB及びVIを検出するための電圧センサである。また、昇圧回路24の一例構成として、IPM14の直流端子間に順方向直列接続された2個のトランジスタTr1及びTr2、これらのトランジスタに逆並列接続されたダイオードD1及びD2、並びにトランジスタTr1及びTr2の接続点にその一端がまたバッテリー12側に他端が接続された昇圧リアクトルLを備える構成を、示している。

【0012】図2に、この実施形態におけるモータ10の速度範囲拡張の原理を示す。この図において領域Aとして表されている領域は図6において通常界磁領域として表された領域に相当している。従来は、モータ回転数Nの上昇に応じて弱め界磁電流Idを増大させることにより、図2中実線で示される特性、すなわち図6中弱め界磁領域として示されている領域まで、モータ10の出力可能領域を拡張していた。これに対し、本実施形態においては、Idの制御によらずに、昇圧回路24の制御によって、モータ10の出力可能領域を拡張している。すなわち、現在の目標動作点(T, N)が、現在のVB又はVIにて実現できる領域よりも高回転側に位置しているときに、本実施形態においては、例えば領域AからBへ、BからCへ、さらにはCからDへ、…というように、モータ10の出力可能領域が広がっていくよう、昇圧回路24により昇圧比を高め、VIを高めている。ま

た、この原理による出力可能領域乃至速度範囲拡張にはIdの制御は関与していないため、従来の弱め界磁制御と異なり、そのような原因によってシステム効率が損われることがない。

【0013】図3及び図4に、このような原理を実現するためコントローラ16により実行される手順の一例を示す。まず、図3に示されるように、コントローラ16はIGオン直後に突入防止回路22のスイッチSW2をオンさせ、その後しばらく時間が経過した後にスイッチSW1をオンさせる(100)。すなわち、IGオン直後しばらくの間は抵抗Rsを充電抵抗として平滑コンデンサCを充電し、その後平滑コンデンサCが十分充電されたとみなせる時点でSW1をオンさせ抵抗Rsの両端を短絡する。この後、コントローラ16の動作は、モータ10の出力トルク制御のための一連の繰り返し手順に移行する。

【0014】モータ10の出力トルクを制御するに際しては、コントローラ16は、まず、車両各部から信号を入力する(102)。例えば、アクセル開度、ブレーキ踏力、シフトレバーのポジション、モータ回転数N、モータ電流 i_u , i_v , i_w 、バッテリー電圧VB、IPM入力電圧VI等を入力する。その後、コントローラ16は、アクセル開度、ブレーキ踏力、シフトポジション、モータ回転数N等の情報に基づきトルク指令T*すなわちモータ10から出力させるべきトルクの目標値を決定する(104)。コントローラ16は、このようにして決定したトルク指令T*に基づき、かつモータ10のシステム効率が最大になるよう、電流指令(I_d^* , I_q^*)を決定する。ここにいう電流指令のうち I_d^* は界磁電流成分Idに関する指令であり、 I_q^* はトルク電流成分Iqに関する指令である。コントローラ16は、このようにして決定した電流指令(I_d^* , I_q^*)を利用しIPM入力電圧VIの調整を行った後(108)、IPM14その他に信号を出力する(110)。すなわち、電流指令(I_d^* , I_q^*)に応じた電流 i_u , i_v , i_w が流れるようIPM14に対しスイッチングパターンを示す信号を出力し、また、トルク指令T*が回生領域(図2中T<0の領域)に属しているときにはサイリスタDrにターンオンする旨の指令を与える。以上ステップ102~110の動作は、車両操縦者によってIGがオフされるまで繰り返される(112)。IGがオフされると、コントローラ16はスイッチSW1及びSW2をオフさせ(114)、バッテリー12からモータ10への電力の供給を断つ。

【0015】ステップ108に示されているIPM入力電圧の調整は図4に示されるような手順にて実行される。すなわち、コントローラ16は、例えば次の式

【数1】

$$\begin{aligned} V_d &= (R + pL_d) \cdot I_d^* - \omega \cdot L_q \cdot I_q^* \\ V_q &= \omega \cdot L_d \cdot I_d^* + (R + pL_q) \cdot I_q^* + \omega \cdot E_0 \end{aligned}$$

但し、R：モータ巻線の抵抗

L_d, L_q ：モータ巻線のd軸、q軸インダクタンス

ω ：モータ電気角速度

E_0 ：速度起電力（永久磁石による起電力）

p：微分演算子

に従い（ V_d^*, V_q^* ）を算出する（200）。あるいは、これに代え、次の式

【数2】

$$V_d = K_p \cdot \Delta I_d + K_i \cdot \int \Delta I_d - \omega \cdot L_q \cdot I_q$$

$$V_q = K_p \cdot \Delta I_q + K_i \cdot \int \Delta I_q + \omega \cdot L_d \cdot I_d + \omega E_0$$

但し、 $\Delta I_d = I_d^* - I_d$

$$\Delta I_q = I_q^* - I_q$$

に従い（ V_d^*, V_q^* ）を求めてもよい。このようにして得られた（ V_d^*, V_q^* ）は、トルク指令 T^* を実現するのに、あるいは電流指令（ I_d^*, I_q^* ）を実現するのに必要な電圧を表している。コントローラ16は、さらに、次の式

$$\text{【数3】 } V = k \cdot (V_d^2 + V_q^2)^{1/2}$$

但し、k：モータ端子電圧をIPM入力電圧に換算するための係数に従い電圧Vを求める。このようにして得られる電圧Vは、モータ10の目標動作点すなわち

（ T^*, N ）を実現するのに必要なモータ10の端子電圧をIPM14の直流端子側の値に換算したものである。コントローラ16は、この電圧VがVBを上回っているか否か（204）及びVIを上回っているか否か

（206）を判定する。これらの判定条件のうち $V > V_B$ の条件が成立していないときには、現在のバッテリー電圧VBをほぼそのまますなわちダイオードDiを介してIPM14にVIとして印加したとき目標動作点

（ T^*, N ）を実現できるとみなせるため、コントローラ16は昇圧回路24による昇圧なしで、ステップ110に移行する。また、 $V > V_B$ の条件が成立しているときは、そのとき昇圧回路24がその動作を開始していないのであれば $V > V_I$ も必ず成り立つから、コントローラ16の動作はステップ208すなわち昇圧回路24に対する昇圧比の指令動作に移行する。ステップ208においては、コントローラ16は、 $V < V_I$ を満たすVIが得られるよう、トランジスタTr1及びTr2を制御する動作を開始する。さらに、昇圧回路24による昇圧動作が始まった後でも、昇圧比の不足によって $V > V_I$ の条件が成立することがあり、この場合（206）にもステップ208が実行される。

【0016】以上のような制御手順により、本実施形態においては、図2に示す原理による力行可能領域（特に速度範囲）の確保及びモータシステム効率の改善を実現している。

【0017】図5に、本発明の第2の実施形態に係る電気自動車のシステム構成を示す。この実施形態においては、突入防止回路22に代えて、バッテリー12をIPM

14側と昇圧回路24側とに切替接続するためのスイッチSWが用いられており、かつダイオードDi及びサイリスタDrは廃止されている。また、これに伴い、コントローラ16の動作の手順にも変更が発生している。

【0018】まず、前述の実施形態においては図3のステップ100においてスイッチSW1及びSW2の時間差オン制御が行われていたが、実施形態においては、ステップ100においてまずスイッチSWが①側に倒され、バッテリー12が昇圧回路24に接続される。昇圧回路24には前述のように昇圧リアクトルLが内蔵されている。コントローラ16は、上側のトランジスタTr1をオンさせ、下側のトランジスタTr2をオフさせることにより、昇圧リアクトルLを介しバッテリー12がIPM14側に接続された状態を形成し、昇圧リアクトルLを介し平滑コンデンサCを充電することによって第1実施形態における突入防止回路22と同様の機能を達成している。

【0019】また、コントローラ16は、平滑コンデンサCが十分充電されたとみなせる程度の時間が経過した後にスイッチSWを②側に倒し、バッテリー12をIPM14側に接続する。これ以降は、前述の第1実施形態と同様、ステップ102～110にかかる手順が、車両操縦者がIGをオフするまで繰り返し実行される。ただし、トルク指令 T^* が回生領域に属しているときには、サイリスタDrをターンオンする制御に代えて、トランジスタTr1をオンさせトランジスタTr2をオフさせる制御が実行される。このような制御により、IGオン直後と同様、昇圧リアクトルLを介した電流経路が形成されるため、バッテリー12へ制動エネルギーを回生することが可能になる。また制動エネルギーを回生する手段として、スイッチ③を倒し、昇圧リアクトルLを介さないで回生することも可能である。また、IGがオフされた後は、コントローラ16はスイッチSWを②に倒し、バッテリー12をIPM14からもまた昇圧回路24からも切り離す。

【0020】このような構成及び手順によっても、前述の第1実施形態と同様、モータ10の出力可能領域を拡張しかつシステム効率を改善することができる。さらに、この実施形態では、突入防止回路その他を廃止することができる。

【0021】

【発明の効果】本発明によれば、PMモータの目標動作点とその出力可能領域に属していないときに、当該目標動作点の位置に応じVBを昇圧して電力変換器に供給し、これにより、当該目標動作点が属することになるようPMモータの出力可能領域を拡張するようにしたため、PMモータの動作可能な速度範囲を従来と同程度以上に維持確保しながら、弱め界磁制御の廃止ひいてはシステム効率の改善を実現できる。特に、自律型ゲート素子を設けることにより、そのための制御装置又は手順な

しで、昇圧回路における損失の発生を抑制し、システム効率を更に改善することができる。また、可制御型ゲート素子やその制御手段を設けることにより、回生制動等の必要に応じ昇圧回路をバイパスできる。そして、昇圧リアクトル等の受動素子を、改正の経路形成や、一般に電力変換器直流端子間に設けられている平滑コンデンサの充電に利用でき、これにより突入防止回路の廃止等回路の簡素化を達成できる。

【0022】

【補遺】以上の説明では、本発明を「駆動制御装置」に係る発明として表現したが、本発明は例えば「駆動制御方法」「駆動装置」「駆動方法」「電力供給装置」「電力供給方法」等としても表現できる。更に、純粋な電気自動車への応用を想定したが、本発明は電気車やいわゆるハイブリッド車等の他、産業用・民生用の別を問わず各種の用途に適用できる。また、制御対象たる永久磁石型同期モータは、三相交流モータに限定されるものではなく、またリラクタンストルクの利用有無も問わない。

【0023】更に、モータの出力トルクを回転数検出値に基づきオープンループ制御する構成を前提として説明を行ったが、出力トルクの制御（トルク制御）ではなく回転数の制御（速度制御）を行う構成にも、またオープンループ制御ではなくクローズドループ制御を行う構成にも、更には回転数検出値ではなく回転数推定値に基づき制御を行う構成にも、本発明を適用できる。加えて、モータの動作点を専らトルク回転数空間で表現したが、モータ電圧電流空間等、モータの出力を表現できるのであればその他の種類の空間に単純してもよい。

【0024】また、バッテリー電圧が低いときにこれを昇圧しモータの逆起電力を上回るよう調整する例を述べたが、バッテリー電圧が高い傾斜（の一部）で逆に降圧するようにしてもよい。また、回生時に昇（降）圧を行わない例を示したが、行うようにしてもよい。その場合、1

PM内のスイッチング素子等を利用できる。昇（降）圧回路の具体的な構成には、様々な変形が可能である。更に、昇降圧双方の機能を有する回路を用いる場合には、昇圧回路をバイパスするためのスイッチ、ダイオード、サイリスタ等の素子を、廃止することができる。また、前述の第1実施形態ではダイオードとサイリスタの並列回路を用いているが、これに代え双方向サイリスタ等の素子を用いても構わない。昇圧回路の動作に関してはその詳細を省略したが、当該動作は当業者には周知である。

【0025】なお、上述の実施形態の変形、特にこの欄にて述べた趣旨のものについては、当業者であれば本願の開示に基づき容易に実行できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態に係る電気自動車のシステム構成を示すブロック図である。

【図2】 本実施形態における出力可能領域拡張及びシステム効率改善の原理を示すトルク回転数空間図である。

【図3】 本実施形態におけるコントローラの動作の流れを示すフローチャートである。

【図4】 本実施形態におけるコントローラの動作の流れを示すフローチャートである。

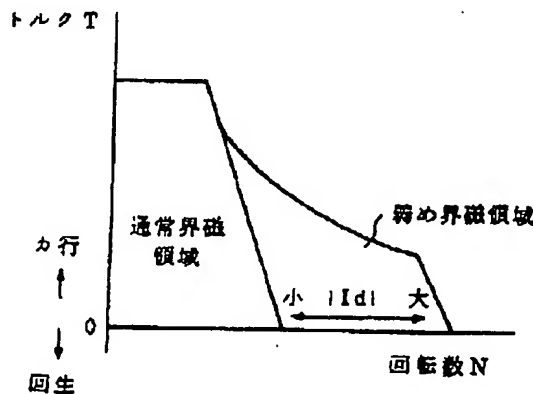
【図5】 本発明の第2実施形態に係る電気自動車のシステム構成を示すブロック図である。

【図6】 従来の弱め界磁制御を説明するためのトルク回転数空間図である。

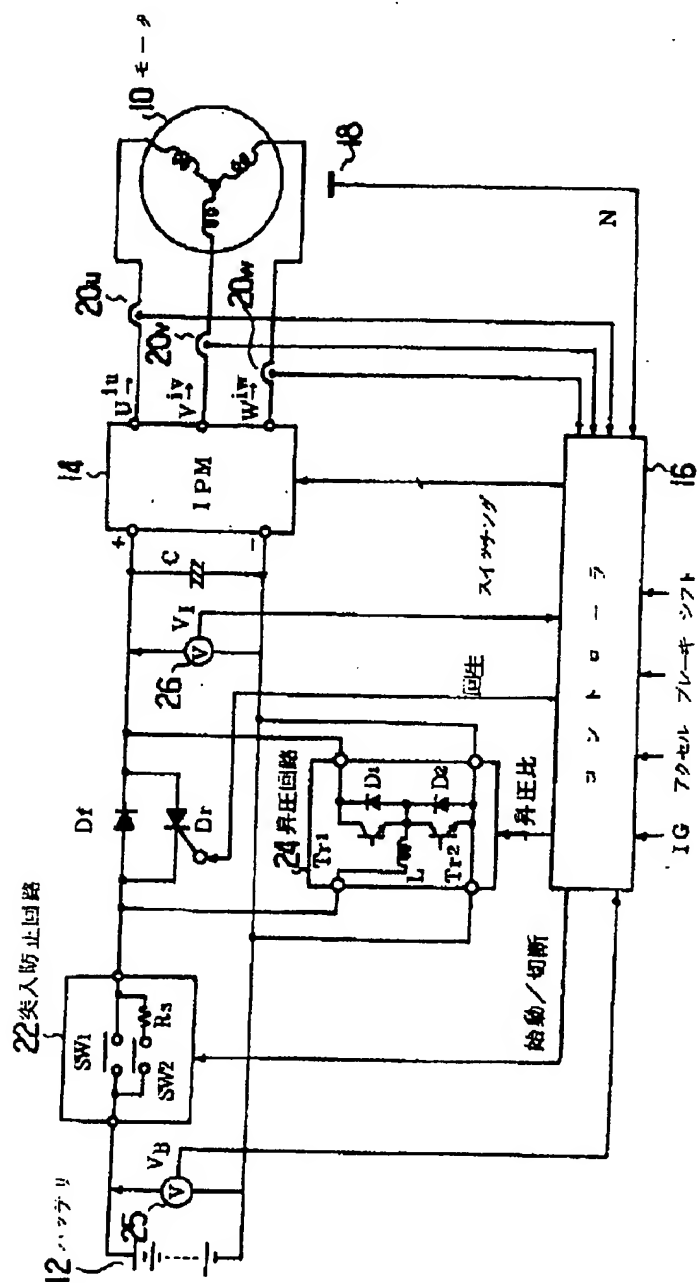
【符号の説明】

10 モータ、12 バッテリ、14 IPM、16 コントローラ、18 レゾルバ、24 昇圧回路、25、26 電圧センサ、Df ダイオード、Dr サイリスタ、L 昇圧リアクトル、Tr1、Tr2 昇圧用トランジスタ、SW スイッチ、C 平滑コンデンサ。

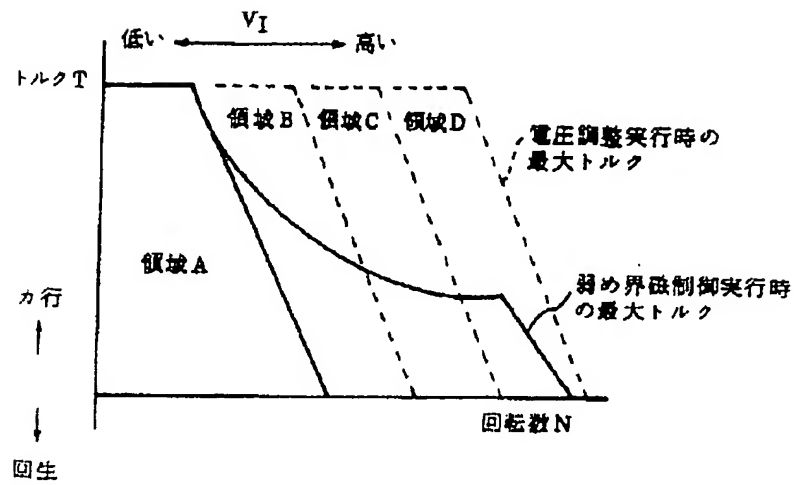
【図6】



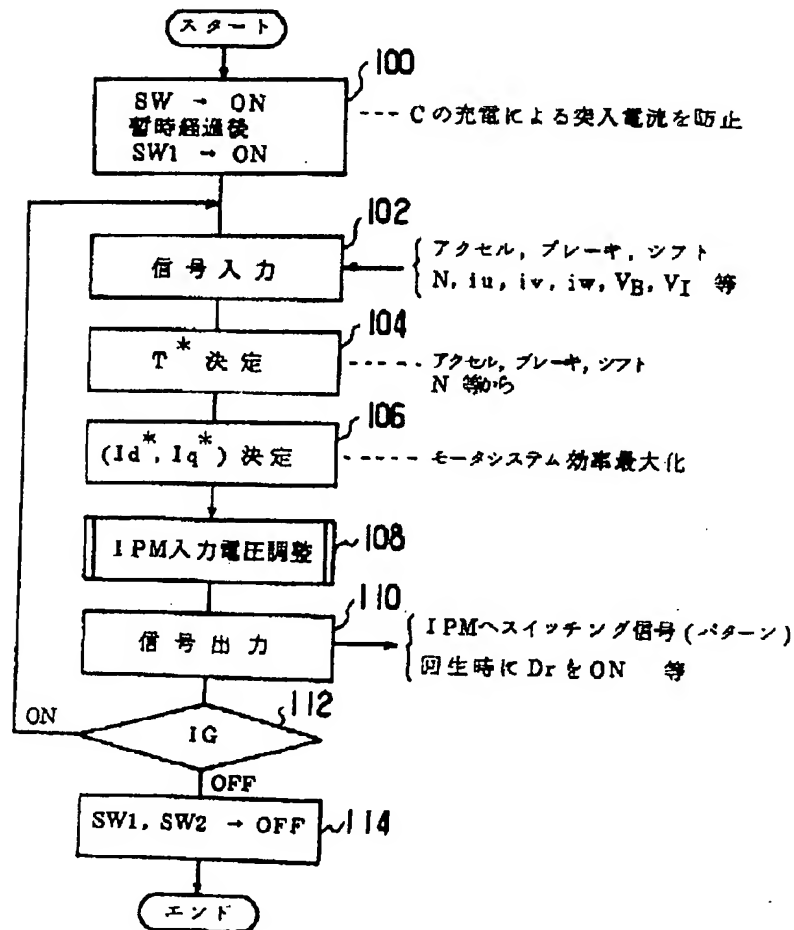
【図1】



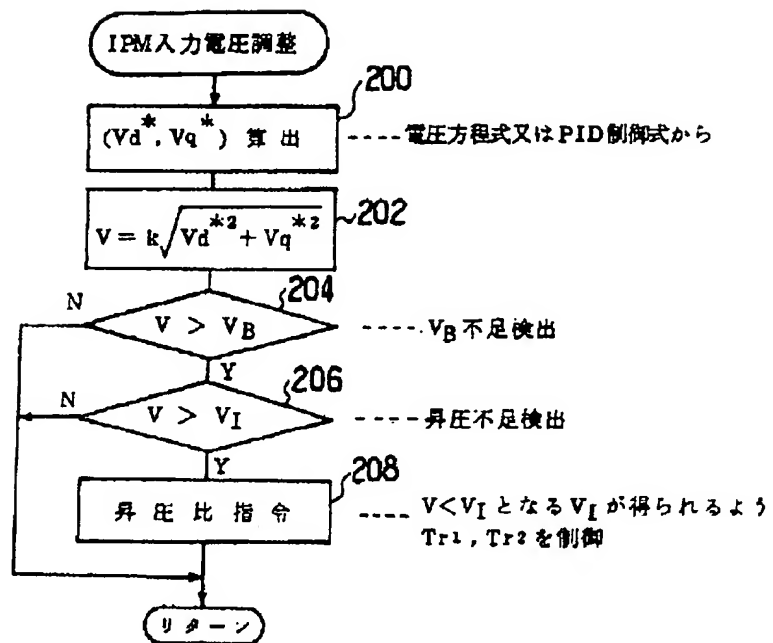
【図2】



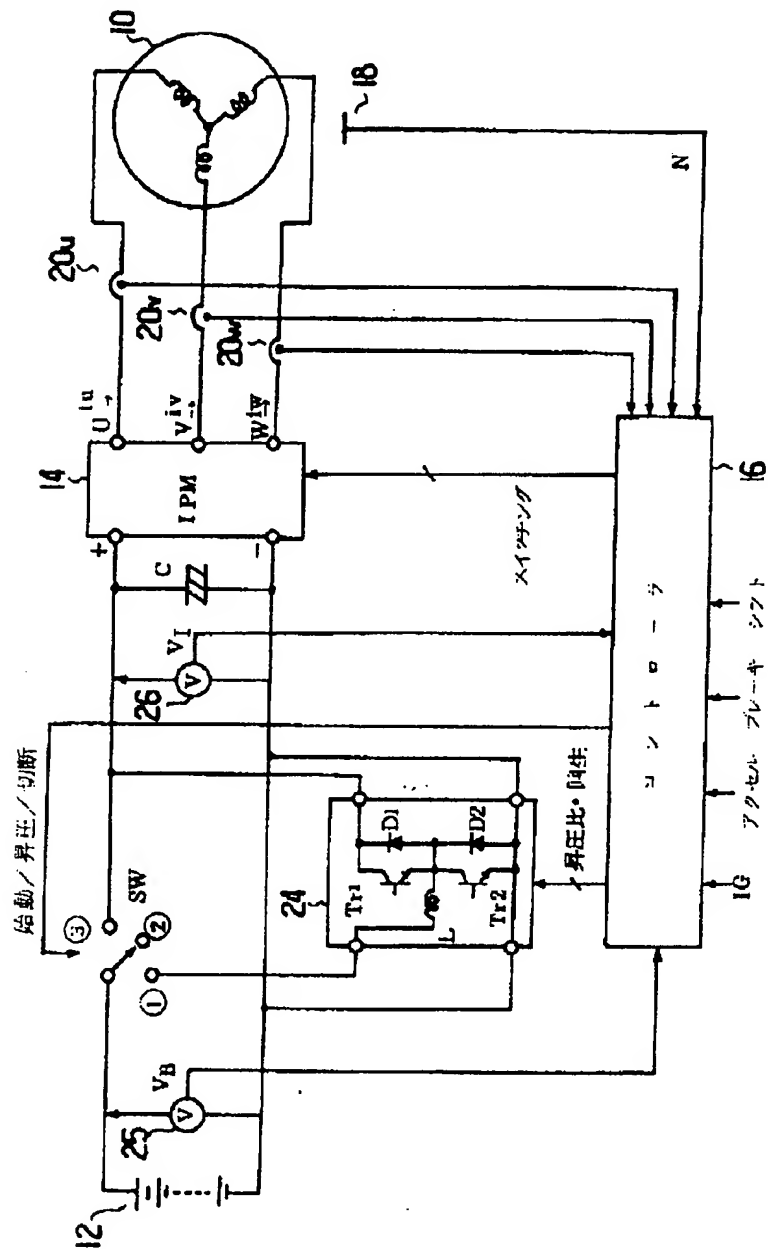
【図3】



【図 4】



【図5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.